

ANALISIS PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH DENGAN METODE SANITARY LANDFILL DI BANTARGEBAH

Yendi Esye¹, Gabintang Sabrin Iswal²

¹Dosen Program Studi Elektro, Universitas Darma Persada

²Program Studi Teknik elektro, Universitas Darma Persada

email : yendiesye@yahoo.com

ABSTRAKS

Tempat Pembuangan Sampah Terpadu (TPST) Bantargebah yang berlokasi di Kota Bekasi merupakan tempat pembuangan sampah dari Ibukota Jakarta, produksi sampah yang datang di TPST Berdasarkan analisa sampah di TPST Bantargebah, volume sampah organik dengan rata-rata yang masuk mencapai 4212 ton/hari atau mencapai 1.537.380 ton/tahun sangat memungkinkan untuk dapat memaksimalkan potensi PLTSa di Bantargebah.

. Hal tersebut tentunya akan menimbulkan pencemaran lingkungan. Dengan dibangunnya PLTSa (Pembangkit Listrik Tenaga Sampah) di TPST Bantargebah akan mengurangi dampak dari sampah yang tertimbun. PLTSa Bantargebah memiliki pembangkit listrik dengan kapasitas 16,8 MW. Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk mengevaluasi sistem yang ada di PLTSa Bantargebah dengan penutup sampah (capping), penggunaan pipa vertikal, Gas Engine dan analisa sampah serta analisa dampak lingkungan.

Dalam perhitungan potensi gas metana dapat diketahui potensi listrik 0,850 MW per jam dan mendapatkan 122,4 MW perhari..

Kata Kunci : Energi terbarukan , PLTSa Bantargebah , sanitary landfill

1. PENDAHULUAN

Tempat Pembuangan Sampah Terpadu (TPST) Bantargebah yang berlokasi di Kota Bekasi merupakan tempat pembuangan sampah dari Ibukota Jakarta Sampah yang rata-rata sampah mencapai 6000 – 7000 ton perhari. Hal tersebut tentunya akan menimbulkan pencemaran lingkungan. Dengan dibangunnya PLTSa (Pembangkit Listrik Tenaga Sampah). di TPST Bantargebah akan mengurangi jumlah gas efek rumah kaca yang tercampur diudara dan mengurangi dampak dari sampah yang tertimbun.

Pembangkit Listrik Tenaga Sampah dengan metode *Sanitary Landfill* tidak dapat mengurangi jumlah sampah namun hanya dapat mengurangi jumlah gas yang terbang ke udara dan di manfaatkan menjadi listrik. PLTSa Bantargebah memiliki pembangkit listrik dengan kapasitas 16,8 MW. Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk mengevaluasi sistem yang ada di PLTSa Bantargebah dengan penutup sampah (capping), penggunaan pipa vertikal, *Gas Engine* dan analisa sampah serta analisa dampak lingkungan.

Dalam perhitungan potensi gas metana dapat diketahui potensi listrik 0,850 MW per jam dan mendapatkan 122,4 MW perhari jika mesin yang *running* ada 6 mesin generator. Selain itu *gas engine* yang telah rusak harus diperbaiki dengan mengganti *sparepart* yang rusak dan dengan melakukan tindakan perawatan preventif untuk

meminimalisir kerusakan yang akan datang. Dari pemaksimalan PLTSa tersebut dapat mengurangi GRK seperti CH₄ dan CO₂.

Sampah telah menjadi suatu masalah baru yang menyedot banyak perhatian terutama di wilayah Jakarta ini karena banyaknya jumlah sampah yang setiap hari kita hasilkan baik dari rumah tangga ataupun dari limbah pabrik tidak diimbangi dengan pengolahan sampah yang terpadu sehingga membuat sampah menggunung. Hal ini telah banyak menimbulkan akibat mulai dari pemandangan yang tidak indah dipandang mata, pencemaran sungai, Bau yang menyekat dari tumpukan sampah-sampah hingga banjir yang terjadi tiap tahun. Padahal bila sampah ini dapat dikelola dengan baik tidak hanya lingkungan kita yang bersih dan sehat bahkan sampah dapat mempunyai nilai ekonomi yang tinggi.

Dengan sumberdaya yang mudah didapat karena sampah adalah barang yang dibuang tiap harinya bahkan orang rela membayar uang sampah untuk membuang sampah agar tidak mengotori rumah dan lingkungannya. Sehingga menjadikan sampah sebagai salah satu bahan yang ideal untuk diolah menjadi energi terbarukan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

a. Studi literatur

Mempelajari mengenai generator pembangkit listrik tenaga sampah

b. Wawancara

Wawancara dengan pihak PT Navigat Organic Energy Indonesia serta meminta beberapa data sekunder yang akan digunakan untuk penelitian ini.

c. Analisis data

Menyeleksi data dan menganalisa terhadap data yang telah diperoleh dari pihak PT Navigat Organic Energy Indonesia.

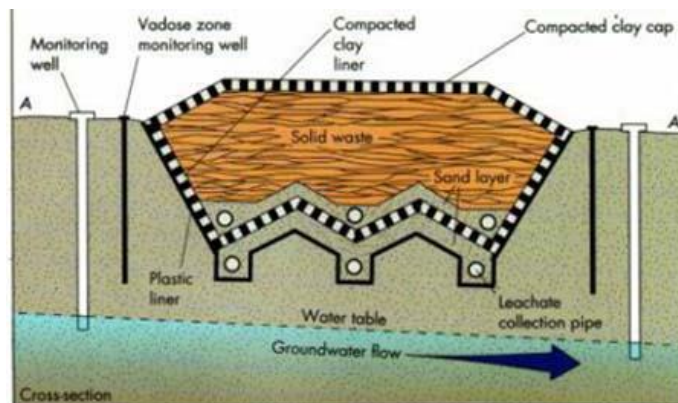
3. PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH (PLTSa)

3.1. Landfill System

Sistem PLTSa yang menggunakan *Landfill System* terdiri atas *collection system*, *treatment system*, *electricity generation*, dan *leachate evaporation*. Dimana *collection system* merupakan proses pengumpulan gas *landfill* yang berasal dari sampah padat (Municipal Solid Waste) yang di uraikan didalam *landfill* secara anaerobic (Tanpa Udara). Gas tersebut yang nantinya akan menjadi bahan baku dalam pembangkitan tenaga listrik, setelah mendapatkan proses sebagaimana mestinya (*treatment*), sehingga *landfill* layak dijadikan pembangkit listrik.

Sanitary Landfill adalah system pengolahan sampah terpadu yang didesain untuk mencegah perembesan lindi kedalam tanah. Pada dasar TPA, dipasang *clay liner* dan *geomembrane* yang berfungsi untuk mencegah merembesnya lindi kedalam tanah. Di TPA sampah akan mengalami proses dekomposisi oleh mikroba yang mengakibatkan terjadinya perubahan fisik-kimia-biologis secara simultan, dengan menghasilkan lindi. Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas lindi adalah komposisi sampah, umur *landfill*, kadar air sampah dan ketersediaan oksigen. Kualitas lindi juga dipengaruhi oleh umur *landfill* (Bagchi, 1994).

Secara umum, konsentrasi polutan yang terkandung pada tahun pertama lebih rendah dibandingkan dengan tahun-tahun berikutnya, dan mencapai puncaknya setelah beberapa tahun. Selain itu, kualitas lindi juga di pengaruhi oleh temperature, yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri dan reaksi-reaksi kimia yang berlangsung. Gambar 1 dibawah adalah system *sanitary landfill* yang sering digunakan.



Gambar 1. Skema Sanitary Landfill

Tujuan paling mendasar dari pelaksanaan konstruksi ini adalah untuk melindungi air tanah agar tidak terkontaminasi oleh lindi. Supaya landfill dapat berfungsi dengan baik, elemen-elemen strukturnya harus dirancang dengan tepat dan sesuai standar. Lapisan-lapisan yang harus ada pada sebuah landfill adalah lapisan tanah dasar, lapisan *clay liner* :*geomembrane*, pipa pengumpul lindi, konstruksi lapisan drainase, konstruksi lapisan penutup serta kolam-kolam pengolahan lindi.

3.2. Landfill Gas (LFG)

Landfill gas adalah gas yang dihasilkan dari proses fermentasi atau anaerobic dari bahan-bahan organik, seperti kotoran manusia, kotoran hewan, limbah domestik (rumah tangga), limbah pertanian, limbah perkebunan, dll. Kandungan yang paling utama dalam LFG adalah metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2).

Gas Landfill merupakan gas yang dihasilkan oleh limbah padat yang dibuang ke landfill. Sampah ditimbun dan ditekan di suatu tempat secara mekanik dan tekanan dari lapisan di atasnya. Karena kondisinya menjadi anaerobic, bahan organik tersebut terurai dan gas landfill dihasilkan. Gas ini semakin berkumpul untuk kemudian perlahan-lahan terlepas ke atmosfer. Hal ini menjadi berbahaya karena dapat menyebabkan ledakan, karena didalam gas metan yang berbahaya. Pemanasan global melalui metana yang merupakan gas rumah kaca, yang lebih besar 21 kali dari karbondioksida. Material organik yang terlepas (*volatile organic compounds*) dapat menyebabkan *photochemical smog*.

Hamburg (1988) menyatakan bahwa LFG yang dihasilkan oleh pembusukan bahan organik dengan cara anaerob, merupakan campuran gas-gas. Komposisi gas yang dihasilkan tergantung pada bahan yang dicerna (bahan baku sampah). Kemampuan penampung pengolahan, keadaan kesehatan makhluk pencerna, dan berbagai parameter lainnya, seperti suhu, kelembaban, kadar air, keasaman, perbandingan karbon/nitrogen, dll. Untuk gas yang berasal dari landfill, biasanya memiliki konsentrasi sebesar 60% untuk gas metan (CH_4) dan karbondioksida (CO_2). Tabel 1 adalah gas yang dihasilkan dari landfill dengan proses anaerobic.

Tabel 1. Data Komposisi Gas Dari Landfill

| Komponen | Kandungan gas(%) | Komponen | Kandungan gas(%) |
|--------------------------|------------------|-----------------|------------------|
| Metana (CH_4) | 45 – 75 | Ammonia | 0,1 – 1,1 |
| Karbondioksida | 25 – 60 | Hidrogen | 0 – 0,2 |
| Nitrogen | 2,0 - 5,0 | Karbonmonoksida | 0 – 0,2 |
| Oksigen | 0,1 – 1,0 | | |

Sumber : PT NOEI (TPST Bantargebang)

Dari tabel 1 dapat diketahui bahwa kandungan terbesar yang dihasilkan dari landfill adalah gas metana, yaitu sebesar 45% - 75% dan berikutnya adalah karbondioksida sebesar 25% - 60%. Gas metana dihasilkan oleh bahan-bahan organik seperti limbah kotoran ternak, sampah, limbah pertanian, maupun limbah perkebunan yang mengalami proses anaerobik (tanpa udara).

Zietsman (2003) mengatakan bahwa metana adalah sebagai gas yang dihasilkan dari pembusukan sampah padat yang dikondisikan dalam suatu pengolahan. Sedangkan menurut (H. Insam B. Wett 2007; Lenny Bernstein, Gary Yohe,dkk 2007), gas metana merupakan gas rumah kaca (GRK) yang menyumbang pemanasan global 21 kali lebih besar dari CO₂. Harus dikurangi emisinya dengan cara ditangkap/diekstraksi untuk dijadikan CO₂ dengan cara flaring maupun dijadikan bahan bakar pembangkit listrik.

3.3. Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA)

Saat ini gas pada *sanitary landfill* (LFG) belum dimanfaatkan secara optimal. LFG yang terdapat pada *sanitary landfill* hanya terbuang Cuma-Cuma ke atmosfer, padahal LFG sendiri memiliki potensi yang besar untuk meningkatkan efek pemanasan global karena kandungan yang terdapat didalamnya seperti CH₄ dan CO₂. Menurut (LFG *Energy Project Development Handbook EPA,2010*), terdapat beberapa pemanfaatan gas lahan TPA. Secara umum, pemanfaat gas lahan TPA dapat dilakukan sebagai pengganti bahan bakar kendaraan, digunakan sebagai komponen rumah kaca, digunakan untuk aktifitas yang memerlukan banyak energy seperti pembuatan logam dan penempaan, hingga pembuatan bioetanol. Selain itu, LFG dapat digunakan untuk menghasilkan listrik.

Di Indonesia, pengelolaan LFG dari *sanitary landfill* dilakukan pada TPST Bantargebang di Kabupaten Bekasi. Pada awalnya, LFG yang dihasilkan di TPST Bantargebang hanya diambil dan dikumpulkan, lalu dibakar menjadi karbonmonoksida yang kemudian dilepaskan ke atmosfer, dampak yang dihasilkan oleh karbonmonoksida lebih rendah dari LFG TPST Bantargebang yang masih murni. Setelah dilakukan beberapa penilitan dan perkembangan teknologi, ternyata diketahui bahwa gas CH₄ yang terkandung pada LFG dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk menjalankan mesin generator yang dapat menghasilkan listrik.

Beberapa teknologi digunakan untuk menghasilkan listrik dari bahan bakar LFG, yaitu:

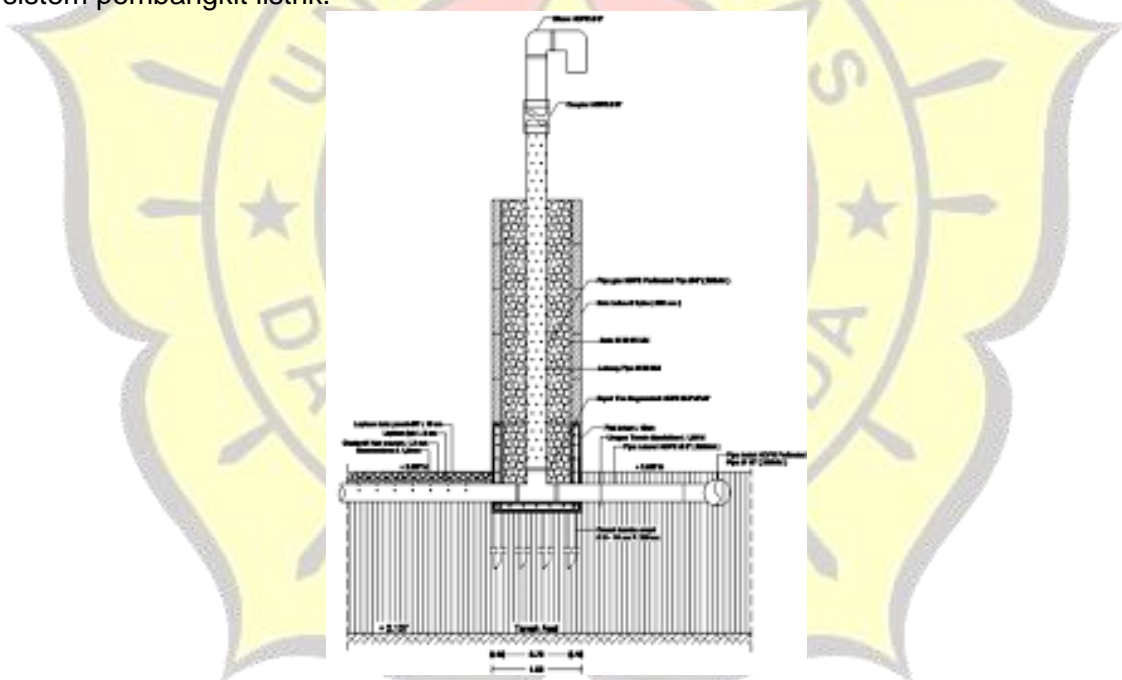
3.3.1. Vertical Extraction Wells (Sumur Gas Vertikal)

Pada instalasi pipa penangkapan gas landfill, teknologi yang mulai dikembangkan adalah dengan menggunakan sumur gas vertical. Sumur gas vertical ini berada dalam landfill, sumur gas ini di tanam di dalam landfill. Instalasi pipa ini digunakan cara pengeboran langsung ditempat pembuangan akhir. Pipa tersebut dengan kedalaman kurang lebih 15 meter, ini bias disesuaikan dengan kedalaman masing masing *landfill* yang ada. Hal ini dikarenakan fungsi dari pipa tersebut untuk menyerap gas yang telah dihasilkan oleh *landfill*. Oleh karena itu, untuk menjangkau semua gas yang ada didalam *landfill* tersebut, diperlukan suatu pipa gas yang mampu mencapai dasar dari *landfill* .Selain itu, pipa atau sumur gas vertical ini memiliki pori-pori dibawahnya, yaitu sekitar 3 meter dari atas *landfill*. Pori-pori ini yang digunakan untuk menghisap semua gas-gas yang telah dihasilkan *landfill*. Melalui pori-pori ini, gas tersebut dihisap dan masuk kedalam pipa, kemudian disalurkan menuju system perpipaan yang telah disediakan untuk kemudian menuju *power house*. Pori-pori ini diasumsikan 3 meter dibawah permukaan *capping* bagian atas, karena sumur gas

vertical ini akan menyerap gas dari hasil *landfill*. Oleh karena itu untuk meminimalisir tercampurnya gas *landfill* dengan gas-gas yang tidak diharapkan seperti oksigen (O₂) dan juga air, maka pori-pori tersebut terdapat 3 meter dari atas permukaan *capping* bagian atas sampai didasar permukaan *landfill* untuk menjaga konsentrasi gas CH₄ yang akan dihasilkan. Sedangkan, proses instalasi pipa tersebut memiliki jarak sekitar 30 meter antar pipa. Hal ini didasari pada kapasitas atau kemampuan pipa tersebut dapat menghisap gas *landfill* dengan jarak sekitar 30 meter disekitarnya. Oleh karena itu, pipa-pipa tersebut terpasang setiap 30 meter antar pipa untuk mengoptimalkan kinerja dari pipa tersebut.

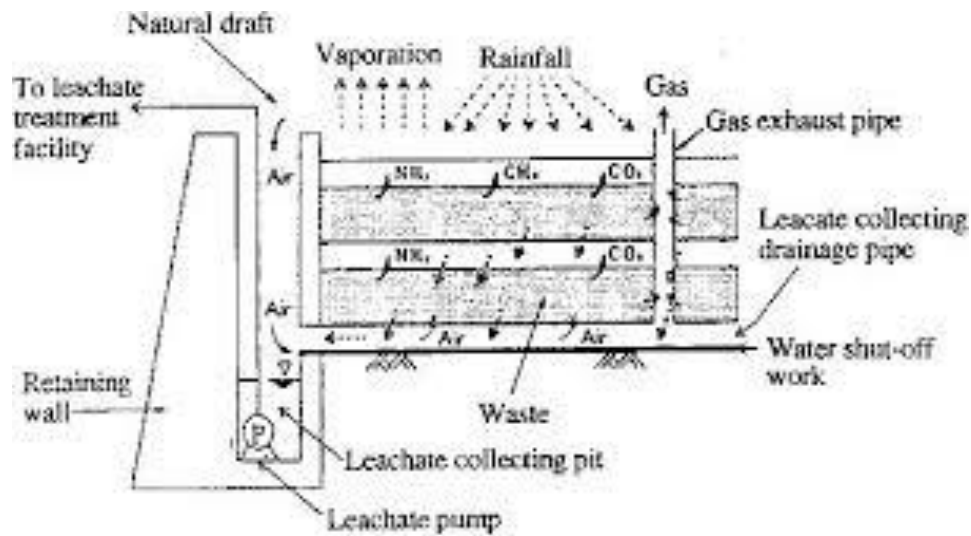
Damanhuri (1997) mengatakan bahwa pemasangan instalasi pipa PVC yang tertanam dalam kurun waktu tertentu terjadi penyumbatan akibat tertutup oleh sampah dan *leachate*, sementara Dhieata dan Subeki(2007) Merancang instalasi penangkap LFG tanpa mempertimbangkan penyumbatan pada pipa yang tertanam. Hal ini juga ditunjang dengan bentuk instalasi penangkap gas tanpa adanya filter di sekeliling pipa (Jakob,2006).

Pada *landfill* terdapat beberapa sumur gas (sumur bor), antar sumur dihubungkan dengan jaringan pipa. Konsentrasi gas CH₄ pada jaringan pipa utama diharapkan dapat >50%. Untuk keperluan mengendalikan gas yang akan masuk ke dalam system pembangkit, masing-masing pipa sumur dipasang stop kran. Ini digunakan untuk dapat mengatur berapa banyak gas yang dapat di alirkan kedalam sistem pembangkit listrik.



Gambar 2. Jenis Pipa Untuk Gas di *Landfill*

Untuk mengetahui atau mengukur tekanan gas yang terdapat di pipa sumur gas, di berikan alat yang *flow meter*. Sedangkan untuk memaksimalkan ekstraksi maka perlu dipasang penghisap (kompresor atau pompa vakum) pada akhir dari saluran pengumpul utama sebelum gas metana dimanfaatkan. Cara ini akan memaksimalkan operasi ekstraksi gas. Oleh karena itu, dengan adanya sumur ini gas-gas hasil pembusukan sampah akan tersedot dan terkumpul, selanjutnya gas akan mengalir ke sistem pemipaan.



Gambar 3. Sistem Instalasi Pipa Landfill

Disebabkan kandungan air didalam landfill cukup tinggi guna menyertai gas metana. Jika uap air kemudian mengembun didalam saluran pipa makan akan berakibat saluran tersumbat dan aliran terhenti. Untuk menghindari hal ini maka saluran pengumpul/kolektor diset miring sehingga air akan mengalir ke bawah, sementara metana akan mengapung dan mengalir ke kompresor. Ujung bawah saluran miring ini di pasang penangkap air sehingga air dapat di keluarkan dari saluran. Pengeluaran air bagian penangkap air dipasang kran pembuangan air dan katub untuk pengukuran tekanan dan aliran. Sehingga operator di satu penghentian dapat memeriksa tekanan, aliran, konsentrasi, menghidp matikan aliran gas.

3.3.2. Instalasi pipa pada area sanitary landfill

Dari sumur-sumur gas tersebut, diperoleh gas yang akan digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik. Dengan adanya jarak dari area *landfill* dan area *power house*, maka diperlukan system pemipaan untuk mengalirkan gas yang diperoleh dari *landfill* menuju area pembangkit listrik (*power house*).

Pipa ini berfungsi untuk mengalirkan LFG dari hasil pembusukan sampah pada *sanitary landfill*. Gas tersebut kemudian dialirkan ke system pembangkit listrik (*power house*) untuk kemudian gas-gas tersebut dimanfaatkan sebagai bahan bakar *gas engine*.

4. ANALISA PEMBANGKIT LISTRIK TEGAGA SAMPAH

4.1. Analisa Perhitungan Pemanfaatan Potensi Landfill Gas di TPST Bantargebang.

Salah satu faktor yang mempengaruhi dalam produksi LFG adalah jumlah sampah dan komposisi sampah di dalam *landfill*. Komposisi ini akan mempengaruhi berapa besar jumlah LFG yang akan dihasilkan setiap tahunnya. Komposisi yang ada di Bantargebang berdasarkan data yang diperoleh, komposisi organik (sisa makanan) jauh lebih banyak dibandingkan komposisi sampah anorganik. Hal ini dikarenakan, jumlah pembuangan sampah organik seperti sisa makanan, sayuran, buah, dan dll. lebih banyak dari sampah anorganik yang dibuang ke TPST Bantargebang.

Perhitungan volume Zona I :

Volume Zona I = 2.786.566,95

Daun = 32% x 2.786.566,95 = 891.701 m³

Sisa Makanan = 16,20 % x 2.786.566,95 = 451.423 m³

Kertas = 17,50 % x 2.786.566,95 = 487.649 m³

Kayu = 4,5 % x 2.786.566,95 = 125.395 m³

Total = Daun + Sisa Makanan + Kertas + Kayu = 1.956.169 m³

Data diatas akan diubah menjadi satuan tonase agar dapat dihitung menjadi gas.

Daun = 891.701 x 52.26 kg/m³ = 46.600.294 kg

Tabel 2. Volume (m³) setiap zona PLTSa Bantargebang (Organik)

| Zona | Volume (m ³) | Daun (m ³) 32% | Sisa Makanan (m ³) 16,20% | Kertas (m ³) 17,50 % | Kayu (m ³) 4,5% | Total (m ³) 70,2% |
|-------|---------------------------|--------------------------------|---|--------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| I | 2.786.566,95 | 891.701 | 451.423 | 487.649 | 125.395 | 1.956.169 |
| II | 2.744.989,83 | 878.396 | 444.688 | 480.373 | 123.524 | 1.926.982 |
| III | 2.787.904,08 | 892.156 | 451.640 | 487.883 | 125.455 | 1.957.108 |
| IV | 810.258,21 | 259.282 | 131.261 | 141.795 | 36.461 | 568.801 |
| V | 803.323,17 | 257.063 | 130.138 | 140.581 | 36.149 | 563.932 |
| Total | 9.933.042,24 | 3.178.571 | 1.609.153 | 1.738.282 | 446.986 | 6.972.996 |

Sisa Makanan 451.423 x 300kg/m³ = 135.426.900 kg

Kertas = 487.649 x 17,93 = 8.743.546 kg

Kayu = 125.395 x 500 kg/m³ = 62.697.500 kg

Total = Daun + Sisa Makanan + Kertas + Kayu = 253.468.240 kg

Perhitungan di atas adalah perhitungan sampah organik untuk mencari jumlah tonase dari volume yang tersedia pada Zona I. Maka didapat total 903.517 ton sampah organik.

Tabel 3. Berat sampah setiap Zona PLTSa Bantargebang (Organik)

| Zona | Daun (kg) | Sisa Makanan (kg) | Kertas (kg) | Kayu (kg) | Total (kg) |
|-------|-------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|
| I | 46.600.294 | 135.426.900 | 8.743.546 | 62.697.500 | 253.468.240 |
| II | 45.904.975 | 133.406.400 | 8.613.087 | 61.762.000 | 249.686.462 |
| III | 46.624.072 | 135.492.000 | 8.747.742 | 62.727.500 | 253.591.314 |
| IV | 13.550.077 | 39.378.300 | 2.542.384 | 18.230.500 | 73.701.261 |
| V | 13.434.112 | 39.041.400 | 2.520.617 | 18.074.500 | 73.070.629 |
| Total | 166.113.531 | 482.745.000 | 31.167.378 | 223.492.000 | 903.517.909 |

Dari tabel 3 maka dapat jumlah tonase 903.517.909 kg = 903.517 ton dari semua zona yang sudah ada

Nilai konstanta didapat dari jumlah presentase sampah organik yang tersedia dan bobot didapat dari ketetapan untuk pembusukannya.

Tabel 4. Nilai Konstanta (Organik)

| Karakteristik | Jumlah (%) | Nilai Bobot | Nilai K (konstanta) |
|-------------------------------------|------------|-------------|---------------------|
| <i>Organic waste (sisa makanan)</i> | 23 | 0,4 | 0,092 |
| <i>Medium decay (tumbuhan, dll)</i> | 77 | 0,08 | 0,061 |
| Total | | | 0,153 |

4.2. Analisa pada Zona PLTSa Bantargebang Organik Pada Zona yang Tersedia

Berdasarkan perhitungan pemanfaatan potensi sampah yang digunakan di PLTSa Bantargebang pada data sebelumnya yang sangat besar menunjukkan bahwa kurang maksimalnya pemanfaatan potensi sampah atau *landfill gas* yang dilakukan oleh PLTSa Bantargebang sehingga daya listrik yang dapat dihasilkan. Beberapa

diantaranya yang menjadi faktor dalam kecilnya efisiensi di PLTSa Bantargebang adalah, sistem *landfill gas collection* yang sangat tidak efisien.

Berikut perhitungan potensi jumlah gas yang sampahnya dipisahkan

Zona I

$$Q_t = 2 \cdot L_o \cdot M_o \cdot (e^{k \cdot 1} - 1) \cdot e^{-k \cdot 1} = 2 \cdot 68 \cdot 253.468 \cdot (e^{0,15 \cdot 1} - 1) \cdot e^{-0,15 \cdot 1}$$

$$= 4.801.625 \text{ m}^3/\text{tahun.}$$

Untuk perhitungan selanjutnya menggunakan persamaan yang sama. Berikut merupakan hasil perhitungan secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

$$\text{Gas metana} = 75\% \times Q_t = 75\% \times 4.801.625 = 3.601.219 \text{ m}^3$$

Konsumsi gas pada mesin = 279 untuk kapasitas 1,063 MW, maka dalam perhitungan ini menggunakan 80% dari kapasitas mesin

$$279 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,8 = 223 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$223 \text{ m}^3/\text{jam} \times 24 = 5.352 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Jumlah hari yang didapat dari gas metana yang tersedia :

$$\text{Zona I} : 3.601.219/5.352 = 672 \text{ hari}$$

Tabel 5. Potensi Jumlah Gas (Organik)

| Zona | Tonase | QT (m ³ /tahun) | Gas Metana (m ³) | Hari |
|-------|---------|----------------------------|-------------------------------|-------|
| I | 253.468 | 4.801.625 | 3.601.219 | 672 |
| II | 249.686 | 4.729.980 | 3.547.485 | 662 |
| III | 253.591 | 4.803.955 | 3.602.966 | 673 |
| IV | 73.701 | 1.396.170 | 1.047.127 | 195 |
| V | 73.070 | 1.384.217 | 1.038.162 | 193 |
| Total | | | | 2.395 |

$$\text{Total Hari} = 2.395 : 365 = 6,5 \text{ MW}$$

Perhitungan di atas adalah perhitungan sampah organik untuk mencari jumlah daya yang didapat dari jumlah hari untuk konsumsi mesin dengan spesifikasi 1,063 MW dan dipakai 80% kapasitas dari mesin didapat 672 hari untuk zona I dan total 2.395 hari pada seluruh zona.

Dari Perhitungan sampah organik yang tersedia pada zona didapatkan hasil 2.395 hari sampai gas pada zona habis, dengan asumsi 6 MW yang berjalan dengan kapasitas 1,063 MW dan dipakai 80% dari kapasitas mesin dari total 16,8 MW.

Tabel 6. Daya yang dihasilkan dari Zona yang tersedia

| Engines | Name Plate (NP) Capacity (MW) | Average per Running hour (MW) | Total Hour | Total Output (MWh) |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|------------|--------------------|
| GE-01 Jenbacher | 1,063 | 0,850 | 24 | 20.4 |
| GE-02 Jenbacher | 1,063 | 0,850 | 24 | 20.4 |
| GE-03 Jenbacher | 1,063 | 0,850 | 24 | 20.4 |
| GE-04 Jenbacher | 1,063 | 0,850 | 24 | 20.4 |
| GE-05 MWM | 2,020 | - | - | - |
| GE-06 MWM | 2,020 | - | - | - |

| | | | | |
|-----------------|---------------|------------|-----------|--------------|
| GE-07 MWM | 2,020 | - | - | - |
| GE-08 MWM | 2,020 | - | - | - |
| GE-09 MWM | 1,200 | - | - | - |
| GE-10 MWM | 1,200 | - | - | - |
| GE-11 Jenbacher | 1,065 | 0,850 | 24 | 20.4 |
| GE-12 Jenbacher | 1,065 | 0,850 | 24 | 20.4 |
| Total | 16,862 | 5,1 | 24 | 122,4 |

Jadi total listrik yang dapat dihasilkan 122,4 MW perhari dengan menggunakan 80% dari kapasitas mesin.

4.3. Analisa pada Zona PLTSa Bantargebang Jika Semua pada Zona adalah Organik

Berdasarkan perhitungan pemanfaatan potensi sampah yang digunakan di PLTSa Bantargebang jika sampah pada total zona yang keseluruhannya diisi dengan sampah organik. Berikut perhitungannya :

Perhitungan volume jika semua sampah pada zona organik :

Daun : $9.933.042 \times 39,45\% = 3.918.585$
 Sisa Makanan : $9.933.042 \times 23,65\% = 2.349.164$
 Kertas : $9.933.042 \times 24,95\% = 2.478.293$
 Kayu : $9.933.042 \times 11,95\% = 1.186.998$

Perhitungan volume menjadi tonase :

Daun = $3.918.585 \times 52.26 \text{ kg/m}^3 = 204.785.252$
 Sisa Makanan = $2.349.164 \times 300 \text{ kg/m}^3 = 704.749.200$
 Kertas = $2.478.293 \times 17,93 \text{ kg/m}^3 = 44.435.793$
 Kayu = $1.186.998 \times 500 \text{ kg/m}^3 = 593.499.000$

maka dapat jumlah berat $1.547.469.245 \text{ kg} = 1.547.469 \text{ ton}$ jika total sampah organik pada seluruh zona.

$$Q_t = 2 \cdot L_o \cdot M_o \cdot (e^{k \cdot 1} - 1) \cdot e^{-k \cdot 1} = 2 \cdot 68 \cdot 1.547.469 \cdot (e^{0,15 \cdot 1} - 1) \cdot e^{-0,15 \cdot 1}$$

$$= 39.570.857 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

$$\text{Gas metana} = 75\% \times Q_t = 75\% \times 39.570.857 = 29.678.142 \text{ m}^3$$

Konsumsi gas pada mesin = 279 untuk kapasitas 1,063 MW, Maka dalam perhitungan ini menggunakan 80% dari kapasitas mesin

$279 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,8 = 223 \text{ m}^3/\text{jam}$
 $223 \text{ m}^3/\text{jam} \times 24 = 5.352 \text{ m}^3/\text{hari}$

Jumlah hari yang didapat dari gas metana yang tersedia :

Zona Total : $29.678.142/5.352 = 5545 \text{ hari}$
 $5545 : 365 = 15,19 \text{ MW}$

Perhitungan di atas adalah perhitungan sampah organik yang jika semua volume nya di isi dengan sampah organik semuanya dan merubah volume menjadi tonase agar dapat dihitung berapa gas yang dapat dihasilkan.

Jika seluruh zona di isi dengan sampah organik maka mesin yang dapat dihasilkan sebesar 15 MW dengan kapasitas 1,063 MW dan 80% dari kapasitas.

Tabel 7. Daya yang dihasilkan dari Zona yang semuanya di isi organik

| Engines | Name Plate (NP) Capacity (MW) | Average per Running hour (MW) | Total Hour | Total Output (MWh) |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|------------|--------------------|
| GE-01 Jenbacher | 1,063 | 0,850 | 24 | 20.4 |
| GE-02 Jenbacher | 1,063 | 0,850 | 24 | 20.4 |
| GE-03 Jenbacher | 1,063 | 0,850 | 24 | 20.4 |
| GE-04 Jenbacher | 1,063 | 0,850 | 24 | 20.4 |
| GE-05 MWM | 2,020 | 1,700 | 24 | 25,68 |
| GE-06 MWM | 2,020 | 1,700 | 24 | 25,68 |
| GE-07 MWM | 2,020 | - | - | - |
| GE-08 MWM | 2,020 | - | - | - |
| GE-09 MWM | 1,200 | 0,850 | 24 | 20,4 |
| GE-10 MWM | 1,200 | 0,850 | 24 | 20,4 |
| GE-11 Jenbacher | 1,065 | 0,850 | 24 | 20.4 |
| GE-12 Jenbacher | 1,065 | 0,850 | 24 | 20,4 |
| Total | 16,862 | 8,2 | 24 | 198,8 |

Jadi total listrik yang dapat dihasilkan 198,8 MW perhari dengan menggunakan 80% dari kapasitas mesin. Mesin yang tersedia sebenarnya mencukupi untuk menyalakan 15 MW sekaligus namun, dibutuhkan juga 2 mesin yang standby untuk berjaga jaga terjadi sesuatu.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi evaluasi pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSa) Bantargebang dan perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari total volume yang tersedia sebesar 9.933.042,24 m³ jika dipilah menghasilkan 6.972.996 m³ sampah organik. Dan dapat menghidupkan 6 mesin generator 1,063MW dengan 80% kapasitas yang terpakai.
2. Jika total volume 9.933.042,24 m³ semua di isi dengan sampah organik dengan jumlah 1.547.469 ton, dapat menghidupkan 15 MW dengan 80% kapasitas mesin 1,063 MW dan kapasitas total 16,8 MW pada PLTSa Bantargebang.
3. Berdasarkan sampah organik perhari sebesar 4212 ton/hari maka didapat sebesar 1.537.380 ton pertahun. Dengan syarat pembusukan membutuhkan waktu selama 3 bulan, dan sampah organik yang telah hancur segera dihilangkan atau dijadikan kompos maka dapat menghidupkan 15 MW dengan kapasitas mesin 1,063 MW

- dengan 80% kapasitas yang terpakai.
4. Dalam perhitungan 6 MW dengan kapasitas mesin 1,063 MW dengan 80% yang hidup mendapatkan potensi gas metana diketahui listrik yang dihasilkan mencapai 0,850 MW per jam dan mendapatkan 122,4 MW perhari.
 5. Dalam perhitungan 15 MW dengan kapasitas mesin 1,063 MW dengan 80% yang hidup mendapatkan potensi gas metana diketahui listrik yang dihasilkan mencapai 0,850 MW per jam dan mendapatkan 198,8 MW perhari

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis memberikan saran yaitu, sebaiknya sampah mulai dipisahkan dari awal, agar sampah dapat lebih dimanfaatkan sesuai dengan golongannya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Fariz, F, 2016, *Mekanisme Pengelolaan Limbah Padat Serta Pemanfaatan Hasil Pengolahan di TPST Bantargebang*, Universitas Sahid, Jakarta.
2. EPA, 2010c, 2010, *Landfill Gas Energy Project Development Handbook. Landfill Methane Outreach*, Program (LMOP), *Climate Change Division*, U.S. EPA
3. Krakow, 2010, *Landfill Gas Energy Technologies*, Instytut Nafty I Gazu.
4. Sulistyono, Agung, 2010, *Analisa Pemanfaatan Sampah Organik Sebagai Bahan Baku Biogas Di Pasar Induk Kramat Jati*, Depok. Tesis UI
5. Winayanti, Irma, 2010, *Studi Produksi Gas Metan (CH₄) Dan Karbon Dioksida (CO₂) Dari Timbunan Sampah*, Surabaya. Skripsi ITS
6. BAPEPEDA, 2009. *Study Kelayakan Penangkapan Gas Metan di TPA Supit Urang, Malang: Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Malang.*
7. BPPT, 2013. *Analysis on Potential Waste to Energy at the Final Disposal Site (TPA), MCTAP Bulletin*, Vol 04-page 12
8. Gioannis G D. *Landfill gas generation after mechanical biological treatment of municipal solid waste. Estimation of gas generation rate constants. Waste Management (New York, N.Y.)*, 2009, 29(3): 1026–1034